



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001217775 A**(43) Date of publication of application: **10.08.01**

(51) Int. Cl.

H04B 10/02
G01M 11/02
H04B 10/08

(21) Application number: **2000022587**(22) Date of filing: **31.01.00**(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>**

(72) Inventor:
SHAKE IPPEI
TAKARA HIDEHIKO
UCHIYAMA KENTARO
YAMABAYASHI YOSHIAKI

(54) **OPTICAL RECEIVER, OPTICAL TRANSMITTER,
OPTICAL AMPLIFYING REPEATER AND
OPTICAL SIGNAL MONITORING SYSTEM**

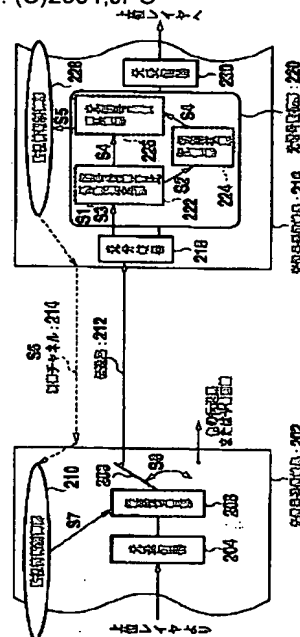
of a fault block and route switching are performed.

COPYRIGHT: (C)2001, JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical signal monitoring system for monitoring a fault/quality without depending on a modulation system/signal format/signal bit rate when a fault occurs on an optical signal path on an optical network for handling multimedia services having various modulation systems/signal formats/signals bit rates.

SOLUTION: An optical layer in an optical network system converts an electric signal to an optical signal of a suitable carrier wavelength and performs signal transmission by applying time division multiplexing to a plurality of optical signals with a single wavelength or applying wavelength division multiplexing to the optical signals of a plurality of carrier wavelengths. The optical layer does not depend on the modulation system, signal format or signal bit rate of a signal to be handled. Therefore, by performing the analog monitoring of the noise deterioration and waveform distortion of the optical signal on the optical layer, the fault/quality can be monitored without depending on the modulation system, signal format or signal bit rate of the signal. By using this method, the identification



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-217775

(P2001-217775A)

(43) 公開日 平成13年8月10日 (2001.8.10)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 B 10/02

G 0 1 M 11/02

J 2 G 0 8 6

G 0 1 M 11/02

H 0 4 B 9/00

H 5 K 0 0 2

H 0 4 B 10/08

K

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2000-22587(P2000-22587)

(22) 出願日 平成12年1月31日(2000.1.31)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 社家 一平

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 高良 秀彦

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100077481

弁理士 谷 義一 (外1名)

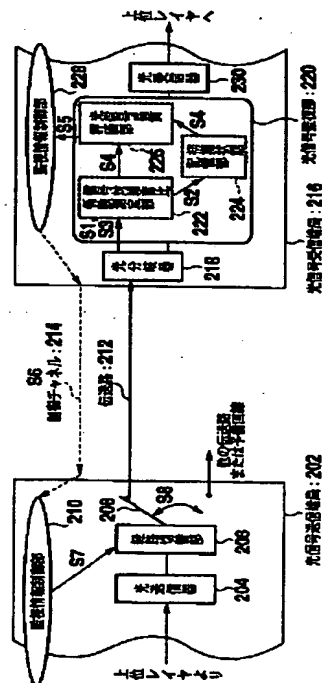
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光受信器、光送信器、光増幅中継器及び光信号監視システム

(57) 【要約】

【課題】 多様な変調方式・信号フォーマット・信号ビットレートを有するマルチメディアサービスを扱う光ネットワークにおいて、光信号経路に障害が生じたときに変調方式・信号フォーマット・信号ビットレートに無依存な障害・品質監視を行う光信号監視システムを提供する。

【解決手段】 光ネットワークシステムにおける光レイヤは、電気信号を適当なキャリア波長の光信号に変換し、単一波長で複数の光信号を時分割多重するか、または複数のキャリア波長の光信号を波長分割多重することによって信号伝送を行う。光レイヤは、扱う信号の変調方式や信号フォーマットや信号ビットレートに依存しない。よって、光レイヤにおいて、光信号の雑音劣化および波形歪みをアナログ監視することにより、信号の変調方式や信号フォーマットや信号ビットレートに依存しないような障害・品質監視が可能となる。この方法を用いて、障害区間の同定、経路切替を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークにおける光信号監視システムにおいて、前記光ネットワークを構成する複数の光ノードは、それぞれ1対または複数対の光信号送信端局及び光信号受信端局を備え、

前記光信号受信端局に配置されて、ある光ノードの前記光信号送信端局と他の光ノードの前記光信号受信端局間の光信号経路を伝送した光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、システム運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを有し、光信号変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存なアナログ監視をする光信号監視部と、前記光信号監視部の監視情報を前記光信号送信端局へ伝送する制御チャンネルと、

前記光信号品質評価部の光信号品質評価に基づいて、前記光信号経路における障害などに起因する光信号劣化または光信号波形歪みによりネットワーク障害が発生したことを認識し、該認識した情報を含む監視情報を前記制御チャンネルを通じて前記光信号送信端局の監視情報制御部へ送る、前記光信号受信端局に配置された監視情報制御部と、前記光信号送信端局の前記監視情報制御部からの監視情報に基づいて経路切替を行う、前記光信号送信端局に配置された経路切替部とを具備することを特徴とする光信号監視システム。

【請求項2】 光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークにおける光信号監視システムにおいて、前記光ネットワークを構成する複数の光ノードは、それぞれ1対または複数対の光信号送信端局及び光信号受信端局を備え、

前記光信号受信端局と光信号経路の途中にある前記光ノードと前記光信号送信端局との間にそれぞれ接続した複数の光増幅中継系の全部または一部に配置されて、光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、システム運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを有し、光信号変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存なアナログ監視をする光信号監視部と、

前記光信号監視部の監視情報を前記光信号受信端局へ伝

送する制御チャンネルと、

前記光信号品質評価部における光信号品質評価に基づいて、前記光信号経路における障害などに起因する光信号劣化または光信号波形歪みによりネットワーク障害が発生したことを認識して、該認識情報を含む監視情報を前記制御チャンネルを用いて前記光信号送信端局の監視情報制御部へ送る、前記光増幅中継系に配置された監視情報制御部と、

前記光信号送信端局に配置されて、前記光信号送信端局の前記監視情報制御部からの監視情報に基づいて前記ネットワーク障害が生じた光増幅中継区間を同定する障害区間同定部とを具備することを特徴とする光信号監視システム。

【請求項3】 前記光信号送信端局に配置されて、前記障害区間同定部の他に、前記監視情報制御部からの監視情報に基づいて経路切替を行う経路切替部をも備えることを特徴とする請求項2に記載の光信号監視システム。

【請求項4】 前記光レイヤは、SONET/SDHフレームやATMセルやIPパケットなどの多様な変調形式・フォーマット・ビットレートの電気信号を適当なキャリア波長の光信号に変換することにより収容することができ、

ある光ノードの前記光信号送信端局と他の光ノードの前記光信号受信端局との間で光信号が終端される構成であり、

かつ前記光信号の終端毎に、変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存な光信号経路を形成することを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の光信号監視システム。

【請求項5】 前記信号対雑音比係数測定部は、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換手段と、クロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$ 、 N 、 M は正数、 a はオフセット周波数) で前記電気強度変調信号の強度をサンプリングすることによって、光信号の強度分布を測定する光信号強度分布測定手段と、

ある平均時間内の前記光信号強度分布から得られる振幅ヒストグラムを用いて信号対雑音比係数を評価する信号対雑音比係数評価手段とを有することを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の光信号監視システム。

【請求項6】 前記信号対雑音比係数測定部は、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$ 、 N 、 M は正数、 a はオフセット周波数) で、パルス幅が光信号のタイムスロットよりも十分に狭いサンプリング光パルス列を用いて、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関光信号を発生させる相互相関光信号発生手段と、

前記相関光信号を電気信号に変換した後に電気信号処理

を行って光信号の強度分布を測定する光信号強度分布測定手段と、

ある平均時間内の前記光信号の強度分布から得られる振幅ヒストグラムを用いて信号対雑音比係数を評価する信号対雑音比係数評価手段とを有することを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の光信号監視システム。

【請求項7】 前記信号対雑音比係数評価手段は、ある平均時間内の前記光信号の強度分布から振幅ヒストグラムを求めるヒストグラム評価手段と、あらかじめ定めた強度しきい値(A)よりも高い前記振幅ヒストグラム部分から「レベル1」に相当する振幅ヒストグラム分布関数 g_1 を推定し、別途定めた強度しきい値(B)よりも低い前記振幅ヒストグラム部分から「レベル0」に相当する振幅ヒストグラム分布関数 g_0 を推定する分布関数評価手段と、

「レベル1」と「レベル0」のそれぞれの平均値強度と標準偏差値を前記振幅ヒストグラム分布関数 g_1 及び g_0 からそれぞれ求め、「レベル1」と「レベル0」のそれぞれの平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」のそれぞれの標準偏差値の和の比として得られる信号対雑音比係数を評価する光信号品質評価手段とを具備することを特徴とする請求項5または6に記載の光信号監視システム。

【請求項8】 前記分布関数評価手段は、被測定光信号の強度分布から得られる前記振幅ヒストグラムから2つの極大値を求め、振幅強度の高い方を前記強度しきい値(A)とし、低い方を前記強度しきい値(B)とすることを特徴とする請求項7に記載の光信号監視システム。

【請求項9】 光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークの光送信器において、光受信器と光受信器の途中に接続する光増幅中継器および該光受信器からネットワーク障害が発生したとの認識情報を含む監視情報を受けとる監視情報制御部と、前記監視情報制御部からの前記監視情報に基づいてネットワーク障害が生じた光増幅中継器間を同定する障害区間同定部とを具備することを特徴とする光送信器。

【請求項10】 前記監視情報制御部からの監視情報に基づいて伝送路の経路切替を行う経路切替部を更に有することを特徴とする請求項9に記載の光送信器。

【請求項11】 光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークの光受信器において、光ネットワークを通じて伝送された光信号の一部を取り出す光分岐器と、

該光分岐器で取り出された光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、システム運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比

係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを備えた光信号監視部と、

前記光信号品質評価部の光信号品質評価に基づいて、ネットワーク障害が発生したことを認識して、該認識情報を含む監視情報を光送信器へ送る監視情報制御部とを具備することを特徴とする光受信器。

【請求項12】 光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークの光増幅中継器において、光ネットワークを通じて伝送された光信号を増幅する光増幅器と、

該光増幅器で増幅された光信号の一部を取り出す光分岐器と、

該光分岐器で取り出された光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、システム運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを備えた光信号監視部と、

前記光信号品質評価部の光信号品質評価に基づいて、ネットワーク障害が発生したことを認識して、該認識情報を含む監視情報を光送信器へ送る監視情報制御部とを具備することを特徴とする光増幅中継器。

【請求項13】 光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークの光増幅中継器において、光ネットワークを通じて伝送された光信号の一部を取り出す光分岐器と、

該光分岐器で取り出された光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、システム運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを備えた光信号監視部と、

前記光信号品質評価部の光信号品質評価に基づいて、ネットワーク障害が発生したことを認識して、該認識情報を含む監視情報を光送信器へ送る監視情報制御部とを具備することを特徴とする光増幅中継器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信における光受信器、光送信器、光増幅中継器及び光信号監視システムに関し、特に経済的かつ柔軟な光ネットワークを構築することによって効率的にマルチメディアサービスを提供するための、光レイヤを含む階層構造を備えた光ネッ

トワークシステムにおける光信号監視技術に関する。

【0002】

【従来の技術】光時分割多重（OTDM: Optical Time Division Multiplexing）は一本の光ファイバ中に同一キャリア光波長の複数の光信号を時間軸上に多重して伝送する方法である。また、波長分割多重（WDM: Wave length Division Multiplexing）は、一本の光ファイバ中に異なるキャリア光波長を有する複数の光信号を多重して伝送するものである。そして、OTDM、WDMともに伝送容量拡大に有用な技術である。

【0003】一方、これまでの地点間通信では、同期網が提供するフレームに、時分割多重を用いて信号を束ねる同期光通信網（SONET: Synchronous Optical Network）／同期デジタルハイアラキー（SDH: Synchronous Digital Hierarchy）伝送方式等が用いられている。このSONET／SDH伝送方式では、効率的な信号伝送を行うために、オーバーヘッドが定められており、そのオーバーヘッドを用いてビット・インタリーブ・パリティ（Bit Interleaved Parity）とよばれるパリティ検査を、中継器間や多重化端局相互間でそれぞれ実施することで、故障区間の同定と、切替起動信号を得ている。

【0004】他方、光信号を光の状態で監視する方法として、従来、光スペクトル測定による光信号対雑音比監視がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年のマルチメディアサービス需要が急速に高まり、個々のサービスの通信容量を拡大する必要が生じてきた上に、映像、音声、データ等、多様な信号ビットレート・信号形式に効率的に対応するネットワークが切望されてきた。

【0006】ところが、上記のSONET／SDH伝送方式などの信号品質監視系では、対象とする信号のビットレートや信号形式や変調形式（NRZ（Non Return to Zero: 非ゼロ復帰）またはRZ（Return to Zero: ゼロ復帰））に応じた受信系（クロック抽出回路、受信回路、フレーム検出回路、パリティ検査回路または照合回路からなる誤り検出回路）が必要となる。そのため、単一の受信系では任意のビットレートや信号形式や変調形式の信号には対応できないという点がある。また、この従来の光信号監視系では、光信号を電気信号に置換した後、電気信号処理を行う必要があったため、経済性を考慮すると、光増幅中継系に適用することが難しく、例えばネットワーク障害が検知されたときに、光増幅中継系間のどの区間で障害が発生したか、までを同定することができない。

【0007】さらに、光スペクトル測定を用いた従来の監視法は、光ネットワークにおけるネットワーク障害として十分に考えられる波形歪みによる伝送劣化を検出できないという点がある。

【0008】以上のことから、サービスあたりの通信容量が大きく、多様な信号形式、信号ビットレートに対応した、経済的なサービス転送網を構築することが不可欠である。ここで、光ネットワークは、光時分割多重や波長分割多重を用いることにより、通信容量を拡大でき、信号ビットレート、信号形式および変調形式に対して透明性がある点において極めて有望である。しかし、そのような光ネットワークに適した光信号監視システムは、いまだ確立されていない。

【0009】本発明は、上述の点に鑑みてなされたもので、その目的は、サービスあたりの通信容量が大きく、多様な信号形式、信号ビットレートを有するマルチメディアサービスを収容できるような、経済的で信頼性の高い光ネットワークシステムを実現するための光受信器、光送信器、光増幅中継器及び光信号監視システムを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の発明は、光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークにおける光信号監視システムにおいて、前記光ネットワークを構成する複数の光ノードは、それぞれ1対または複数対の光信号送信端局及び光信号受信端局を備え、前記光信号受信端局に配置されて、ある光ノードの前記光信号送信端局と他の光ノードの前記光信号受信端局間の光信号経路を伝送した光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、システム運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを有し、光信号変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存なアナログ監視をする光信号監視部と、前記光信号監視部の監視情報を前記光信号送信端局へ伝送する制御チャネルと、前記光信号品質評価部の光信号品質評価に基づいて、前記光信号経路における障害などに起因する光信号劣化または光信号波形歪みによりネットワーク障害が発生したことを認識し、該認識した情報を含む監視情報を前記制御チャネルを通じて前記光信号送信端局の監視情報制御部へ送る、前記光信号受信端局に配置された監視情報制御部と、前記光信号送信端局の前記監視情報制御部からの監視情報に基づいて経路切替を行う、前記光信号送信端局に配置された経路切替部とを具備することを特徴とする。

【0011】上記目的を達成するため、請求項2の発明は、光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークにおける光信号監視システムにおいて、前記光ネットワークを構成する複数の光ノードは、それぞれ1対または複数対の光信号送信端局及び光信号受信端局を備え、前記

光信号受信端局と光信号経路の途中にある前記光ノードと前記光信号送信端局との間にそれぞれ接続した複数の光増幅中継系の全部または一部に配置されて、光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、システム運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを有し、光信号変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存なアナログ監視をする光信号監視部と、前記光信号監視部の監視情報を前記光信号受信端局へ伝送する制御チャンネルと、前記光信号品質評価部における光信号品質評価に基づいて、前記光信号経路における障害などに起因する光信号劣化または光信号波形歪みによりネットワーク障害が発生したことを認識して、該認識情報を含む監視情報を前記制御チャンネルを用いて前記光信号送信端局の検視情報制御部へ送る、前記光増幅中継系に配置された監視情報制御部と、前記光信号送信端局に配置されて、前記光信号送信端局の前記監視情報制御部からの監視情報に基づいて前記ネットワーク障害が生じた光増幅中継区間を同定する障害区間同定部とを具備することを特徴とする。

【0012】ここで、前記光信号送信端局に配置されて、前記障害区間同定部の他に、前記監視情報制御部からの監視情報に基づいて経路切替を行う経路切替部をも備えることを特徴とすることができる。

【0013】また、前記光レイヤは、SONET/SDHフレームやATMセルやIPパケットなどの多様な変調形式・フォーマット・ビットレートの電気信号を適当なキャリア波長の光信号に変換することにより収容することができ、ある光ノードの前記光信号送信端局と他の光ノードの前記光信号受信端局との間で光信号が終端される構成であり、かつ前記光信号の終端毎に、変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存な光信号経路を形成することを特徴とすることができる。

【0014】また、前記信号対雑音比係数測定部は、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換手段と、クロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$ 、 N 、 M は正数、 a はオフセット周波数) で前記電気強度変調信号の強度をサンプリングすることによって、光信号の強度分布を測定する光信号強度分布測定手段と、ある平均時間内の前記光信号強度分布から得られる振幅ヒストグラムを用いて信号対雑音比係数を評価する信号対雑音比係数評価手段とを有することを特徴とすることができる。

【0015】また、前記信号対雑音比係数測定部は、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 +$

a 、 N 、 M は正数、 a はオフセット周波数) で、パルス幅が光信号のタイムスロットよりも十分に狭いサンプリング光パルス列を用いて、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関光信号を発生させる相互相関光信号発生手段と、前記相関光信号を電気信号に変換した後に電気信号処理を行って光信号の強度分布を測定する光信号強度分布測定手段と、ある平均時間内の前記光信号の強度分布から得られる振幅ヒストグラムを用いて信号対雑音比係数を評価する信号対雑音比係数評価手段とを有することを特徴とすることができる。

【0016】また、前記信号対雑音比係数評価手段は、ある平均時間内の前記光信号の強度分布から振幅ヒストグラムを求めるヒストグラム評価手段と、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い前記振幅ヒストグラム部分から「レベル1」に相当する振幅ヒストグラム分布関数 g_1 を推定し、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い前記振幅ヒストグラム部分から「レベル0」に相当する振幅ヒストグラム分布関数 g_0 を推定する分布関数評価手段と、「レベル1」と「レベル0」のそれぞれの平均値強度と標準偏差値を前記振幅ヒストグラム分布関数 g_1 及び g_0 からそれぞれ求め、「レベル1」と「レベル0」のそれぞれの平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」のそれぞれの標準偏差値の和の比として得られる信号対雑音比係数を評価する光信号品質評価手段とを具備することを特徴とすることができる。

【0017】また、前記分布関数評価手段は、被測定光信号の強度分布から得られる前記振幅ヒストグラムから2つの極大値を求め、振幅強度の高い方を前記強度しきい値 (A) とし、低い方を前記強度しきい値 (B) とすることを特徴とすることができる。

【0018】上記目的を達成するため、請求項9の発明は、光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークの光送信器において、光受信器と光受信器の途中に接続する光増幅中継器および該光受信器からネットワーク障害が発生したとの認識情報を含む監視情報を受けとる監視情報制御部と、前記監視情報制御部からの前記監視情報に基づいてネットワーク障害が生じた光増幅中継区間を同定する障害区間同定部とを具備することを特徴とする。

【0019】ここで、前記監視情報制御部からの監視情報に基づいて伝送路の経路切替を行う経路切替部を更に有することを特徴とすることができる。

【0020】上記目的を達成するため、請求項11の発明は、光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークの光受信器において、光ネットワークを通じて伝送された光信号の一部を取り出す光分岐器と、該光分岐器で取り出された光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、システム

運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを備えた光信号監視部と、前記光信号品質評価部の光信号品質評価に基づいて、ネットワーク障害が発生したことを認識して、該認識情報を含む監視情報を光送信器へ送る監視情報制御部とを具備することを特徴とする。

【0021】上記目的を達成するため、請求項12の発明は、光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークの光増幅中継器において、光ネットワークを通じて伝送された光信号を増幅する光増幅器と、該光増幅器で増幅された光信号の一部を取り出す光分岐器と、該光分岐器で取り出された光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、システム運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを備えた光信号監視部と、前記光信号品質評価部の光信号品質評価に基づいて、ネットワーク障害が発生したことを認識して、該認識情報を含む監視情報を光送信器へ送る監視情報制御部とを具備することを特徴とする。

【0022】上記目的を達成するため、請求項13の発明は、光レイヤを含む階層構造を備えた光ネットワークの光増幅中継器において、光ネットワークを通じて伝送された光信号の一部を取り出す光分岐器と、該光分岐器で取り出された光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、システム運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを備えた光信号監視部と、前記光信号品質評価部の光信号品質評価に基づいて、ネットワーク障害が発生したことを認識して、該認識情報を含む監視情報を光送信器へ送る監視情報制御部とを具備することを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0024】(第1の実施形態)図1の(A)、(B)は本発明の第1の実施形態の光ネットワークの構成を示す。図1の(A)は予備回線を備えるリング構成の光ネットワークであり、光ADMリングなどもこれに含まれる。また、図1の(B)はメッシュ構成の光ネットワークである。

【0025】どちらの場合も、光ネットワークは、SONET/SDHフレームやATMセルやIPパケットなどの多様な変調形式・フォーマット・ビットレートの電気信号を適当なキャリア波長の光信号に変換することにより収容することができる、光レイヤを含む階層構造を備える。また、その光ネットワークを構成する各光ノード102は、それぞれ1対または複数対の光信号送信端局および光信号受信端局(送受信端局104)を含んでおり、ある光ノードの光信号送信端局104と他の光ノードの光信号受信端局104との間で光信号が終端される。また、光信号の終端毎に、変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存な光信号経路を形成する。ここで、光ノード102において光信号がスルーされる場合も含まれる。また、光送受信端局104間で光増幅中継を行う場合も含まれる。

【0026】本発明では、後述のように、光信号受信端局において光信号監視を行い、光送受信端局間の制御チャネルを利用して、監視情報を光信号送信端局に送り、監視情報に基づいて適宜に光信号切替を行う。

【0027】図2に本発明の第1の実施形態における光送受信端局104内の構成例を示す。上位の光レイヤに収容された信号は光信号送信端局202の光送信器204で受信され、経路切替部206を介して伝送路212に送信される。光信号受信端局216において、入力した光信号の一部を光分岐器218により分岐し、分岐した光信号を利用して光信号監視部220により光信号監視を行う。

【0028】光信号監視部220は、信号対雑音比係数測定部222と初期状態記憶部224と光信号品質評価部226とで構成し、光信号変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存なアナログ監視をする。信号対雑音比係数測定部222は、ある光ノードの光信号送信端局202と他の光ノードの光信号受信端局216間の伝送路212を伝送した光信号の信号対雑音比係数を測定する。初期状態記憶部224は、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に信号対雑音比係数測定部222で測定した信号対雑音比係数を記憶する。光信号品質評価部226は、システム運用時において一定の時間間隔で信号対雑音比係数測定部222で測定して得られる信号対雑音比係数の値を、導入時に初期状態記憶部224に記憶した信号対雑音比係数の値とを比較する。

【0029】ある光ノードの光信号受信端局216と他の光ノードの光信号送信端局202間には、伝送路212の他に、光信号監視部220の監視情報を光信号送信端局202へ伝送するための制御チャネル214が設けられ、また、光信号受信端局216と光信号送信端局202のそれぞれに、監視情報制御部228、210が設けられる。監視情報制御部228、210は、光信号品質評価部226における光信号品質評価に基づいて、伝送路212における障害などに起因する光信号劣化また

は光信号波形歪みによりネットワーク障害が発生したことを認識し、認識した情報を含む監視情報を制御チャネル214を通じてやりとりする。

【0030】光信号送信端局202に経路切替部206が設けられる。監視情報制御部から210の監視情報に基づいて、経路切替部206により伝送路212の経路切替を行うことで、ネットワーク障害を回復する。

【0031】図3は本発明の第1の実施形態の光信号監視システムにおける経路制御の動作手順を示す。

【0032】ステップS1：障害がない状態のシステム導入時に信号対雑音比係数測定部222において信号対雑音比係数を測定する。

【0033】ステップS2：上記ステップS1で測定した信号対雑音比係数を初期状態記憶部224に記憶する。

【0034】ステップS3：システム運用開始後は信号対雑音比係数測定部222において一定の時間間隔で信号対雑音比係数を測定する。

【0035】ステップS4：信号対雑音比係数を測定することにその測定値を光信号品質評価部226において初期状態記憶部224の値と比較する。

【0036】ステップS5：光信号品質評価部226は、初期状態からの信号対雑音比係数値の変化を監視情報として監視情報制御部228に伝える。また、ここで、信号対雑音比係数値の変化の度合いから障害が発生したことを認識した場合は、経路切替が必要な旨の警報情報も監視情報として監視情報制御部228に伝える。

【0037】ステップS6：監視情報制御部228は制御チャネル214を用いて上記監視情報を光信号送信端局202側の監視情報制御部210に伝える。

【0038】ステップS7：光信号送信端局202の監視情報制御部210は受信した上記監視情報に基づいて必要に応じて経路切替を行う旨を経路切替部206に伝える。

【0039】ステップS8：経路切替部206は監視情報制御部210の指示に従って伝送路212の経路切替を行う。

【0040】ここで、信号対雑音比係数測定部226には、例えば、参考文献【1】の光信号品質モニタなどを用いることができる（参考文献【1】：特開平11-223575号公報）。これは、ビットレートや信号形式や変調形式に応じた受信系（クロック抽出回路、受信回路、フレーム検出回路、パリティ検査回路または照合回路からなる誤り検出回路）が必要なく、単一の受信系で任意のビットレートや信号形式や変調形式の信号に対応できる。

【0041】図4、図5は光信号品質モニタを利用した信号対雑音比係数測定部222の構成例を示し、図4は電気サンプリングオシロスコープ404を用いる場合、図5は光サンプリングオシロスコープ414を用いる場

合を示す。

【0042】図4の電気サンプリングオシロスコープ404を用いる場合は、所定のビットレート f_0 (bit/s)を有する光強度変調信号を光電変換部402により電気強度変調信号に変換し、電気サンプリングオシロスコープ404によって、所定のクロック周波数 f_1

(Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$, N , M は整数、 a はオフセット周波数)で上記電気強度変調信号の強度をサンプリングすることによって一定時間における信号強度分布を得たのち、信号処理部406において信号対雑音比係数評価を行う。信号処理部406はヒストグラム評価部408と信号対雑音比係数評価部とで構成する。ヒストグラム評価部408は、電気サンプリングオシロスコープ404で得られる信号強度分布から振幅ヒストグラムを求める。信号対雑音比係数評価部410は、その求めた振幅ヒストグラムから2値デジタル符号の「レベル1」と「レベル0」の分布を求め、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」それぞれの標準偏差値の和の比として得られる信号対雑音比係数を評価する。

【0043】図4の構成は簡易であるが、適応可能な光信号ビットレートが光電変換部402の帯域で制限される。

【0044】一方、図5の光サンプリングオシロスコープ414を用いる場合は、光サンプリングオシロスコープ414によって一定時間における信号強度分布を得たのち、信号処理部416において信号対雑音比係数評価を行う。光サンプリングオシロスコープ414による光信号強度分布測定には、参考文献【2】に記載の光サンプリングなどを用いることができる。（参考文献

【2】：高良 他「和周波光発生を用いた光サンプリングによる超高速光波形測定法」, 電子情報通信学会論文誌, B-1, vol. J75-B-1, No. 5, pp. 372-380, 1992年）。

【0045】この光サンプリングは相互相関信号を得るために、第2次高調波発生、和周波光発生、差周波光発生、四光波混合光発生などを利用することが特徴であり、相互相関信号から信号強度分布を得る。

【0046】例えば、光サンプリングオシロスコープ414は、所定のビットレート f_0 (bit/s)を有する光信号と、繰り返し周波数が所定の f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$, N , M は正数、 a はオフセット周波数)で、パルス幅が光信号のタイムスロットよりも十分に狭いサンプリング光パルス列を用いて、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関光信号を発生させ、相互相関光信号を電気信号に変換し、相互相関光信号を光電変換した後に、電気信号処理を行って光信号の一定時間における強度分布を測定する。

【0047】信号処理部416は、ヒストグラム評価部418と信号対雑音比係数評価部420とから構成す

る。ヒストグラム評価部418は、光サンプリングオシロスコープ414で得られる信号強度分布から振幅ヒストグラムを求める。信号対雑音比係数評価部420は、求めた上記振幅ヒストグラムから2値デジタル符号の「レベル1」と「レベル0」の分布を求め、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」それぞれの標準偏差値の和の比として得られる信号対雑音比係数を評価する。

【0048】図5の構成は図4よりも高速の光信号に適用できる。

【0049】次に、図6～図9に、光信号品質モニタを行う信号対雑音比係数測定部222における信号対雑音比係数測定の実アルゴリズムの一例を示す。

【0050】図6の(A)：光サンプリングオシロスコ

$$N(\text{middle}) = N(\text{total}) \times D \times M$$

(但し、 $N(\text{total})$ は全サンプリング点数、 D は光信号のデューティ比(パルス幅とタイムスロットの比)、 M はマーク率(デジタル伝送におけるレベル1の発生確率))で求まるサンプリング点数 $N(\text{middle})$ と積分値が等しくなったときの、積分したサンプリング点の最小

$$m1' = 2 \times \{m(\text{middle}) - m0'\}$$

で求まる $m1'$ を定める。

【0057】図8の(B)：

$$A = m1' - \alpha(m1' - m0')$$

で求まる強度レベルをしきい値 A

【0059】

【数4】

$$B = m0' + \alpha(m1' - m0') \quad \dots (4)$$

で求まる強度レベルをしきい値 B (但し、 α は $0 < \alpha < 0.5$ の実数)と定め、強度レベルがしきい値 A 以上の分布をレベル1の分布、しきい値 B 以下の分布をレベル0の分布とする。

【0060】図9の(A)：図8の(B)で定めたレベル1およびレベル0の分布において、それぞれ平均値 $m1$ 、 $m0$ と標準偏差 $s1$ 、 $s0$ を求める。

【0061】図9の(B)：図9の(A)で求めた平均値と標準偏差から

【0062】

【数5】

$$Q = |m1 - m0| / (s1 + s0) \quad \dots (5)$$

で求まる Q 値を信号対雑音比係数として品質評価パラメータとする。

【0063】図10は図6～図9に示すような手順で得られた信号対雑音比係数の実験データ例を示す。一例として、10Gb/sのNRZ信号を用い、電気サンプリングを用いた。 α の値は0.3とした。横軸が測定したビット誤り率(BER)から換算した Q 値であり、雑音による実際の光信号品質変化を表している。縦軸が図6～図9のアルゴリズムで求めた信号対雑音比係数である。

ープ414による光サンプリング、または電気サンプリングオシロスコープ404による電気サンプリングにより、ある平均時間内の強度分布を求める。

【0051】図6の(B)：得られた上記強度分布から振幅ヒストグラムを求める。

【0052】図7の(A)：振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの極大値を $m0'$ と定める。

【0053】図7の(B)：強度レベル最大のサンプリング点から強度レベルが小さい方に向かってサンプリング点数を積分して、

【0054】

【数1】

$$\dots (1)$$

レベルを $m(\text{middle})$ とする。

【0055】図8の(A)：

【0056】

【数2】

$$\dots (2)$$

【0058】

【数3】

$$\dots (3)$$

【0064】図10は、図4および図6～図9で述べた光信号品質モニタを利用した信号対雑音比係数が雑音劣化を知るためのパラメータとして利用できることを示しており、経路切替を行う上での監視情報として利用できることを示している。

【0065】図11は波長分散の影響がある場合の実験データ例を示す。上記図10の場合と同様に、10Gb/sのNRZ信号を用い、電気サンプリングを用いた。 α の値は0.3とした。横軸が測定したビット誤り率(BER)から換算した Q 値であり、雑音による実際の光信号品質変化を表している。縦軸が図6～図9のアルゴリズムで求めた信号対雑音比係数である。図11中の三角のプロットは光信号の受ける波長分散値が0ps/nmの場合を示しており、円のプロットは光信号の受ける波長分散値が1400ps/nmの場合を示している。

【0066】図11は、光信号品質モニタを利用した信号対雑音比係数が、波長分散による波形歪みに対しても感度があること、および波長分散による波形歪みがある状態での雑音劣化に対しても感度があることを示している。

【0067】(第2の実施形態)図12の(A)。

(B)は本発明の第2の実施形態の光ネットワークの構成を示す。特に、本実施形態では、光送受信端局間で光増幅中継を行う場合に障害区間を光増幅中継区間単位で同定する例を示す。図12の(A)は予備回線510を

備えるリング構成の光ネットワークであり、光ADMリングなどもこれに含まれる。また、図12の(B)はメッシュ構成の光ネットワークである。

【0068】図12の(A)、(B)のどちらの場合も、光ネットワークを構成する各光ノード502は、それぞれ1対または複数対の光信号送信端局および光信号受信端局(送受信端局504)を含んでおり、ある光ノードの光送受信端局104と他の光ノードの光送受信端局104との間で光信号は終端される。また、光ノード502において光信号がスルーされる場合も含まれる。

【0069】上述の第1の実施形態と同様に、光信号受信端局において光信号監視を行い、光送受信端局間の制御チャネルを利用して監視情報を光信号送信端局に送り、障害区間の同定を行う。

【0070】図13に、図12の光送受信端局504の内部構成例を示す。ここで、図2の第1実施形態と同様な機能を有する構成部分は同一符号を付することとする。ある光信号送信端局602の光送信器604において光レイヤに収容された光信号は、経路切替部606を介して伝送路212に送信される。そして、光信号受信端局216において入力した光信号の一部を利用して、光信号監視部220において光信号監視を行う。光信号監視部220は、信号対雑音比係数測定部222と初期状態記憶部224と光信号品質評価部226とで構成され、後述の図15に示すような手順で障害区間の同定を行う。

【0071】図14は図13の光増幅中継系506の内部構成例を示す。光増幅中継系506は、伝送路212を伝送されてきた光信号を増幅する光増幅器716と、増幅された光信号の一部を取り出す光分岐器718と、分岐された光信号の監視を行う光信号監視部720と、光信号監視部720からの監視情報を制御チャネル212を介して光信号送信端局602側へ送信する監視情報制御部728とを有する。光増幅後の光分岐器718により分岐した光信号を光信号監視部720で処理することにより監視情報を得る。ここで、光分岐器718は光増幅器716の前段に用いても良い。

【0072】光信号監視部720は、光信号受信端局216の光信号監視部720と同様に、信号対雑音比係数測定部722と初期状態記憶部724と光信号品質評価部726とで構成され、後述の図15に示すような手順で障害区間の同定を行う。

【0073】次に、図15のフローチャートを参照して、本発明の第2の実施形態における動作手順を説明する。なお、図3の第1の実施形態におけると同様な内容の手順に対しては、同一のステップ番号を付した。

【0074】ステップS1：光信号受信端局216と光増幅中継系506において、障害がない状態のシステム導入時に信号対雑音比係数測定部222、722において信号対雑音比係数を測定する。

【0075】ステップS2：ステップS1で測定した信号対雑音比係数をそれぞれの初期状態記憶部224、724において記憶する。

【0076】ステップS3：システム運用開始後は、光信号受信端局216と光増幅中継系506において、信号対雑音比係数測定部222、722において一定の時間間隔で信号対雑音比係数を測定する。

【0077】ステップS4：信号対雑音比係数を測定することにより、それぞれの光信号品質評価部226、726においてその信号対雑音比係数の値と初期状態記憶部224、724の値と比較する。

【0078】ステップS5：光信号品質評価部226、726は、初期状態からの信号対雑音比係数値の変化を監視情報としてそれぞれの監視情報制御部228、728に伝える。ここで、信号対雑音比係数値の変化の度合いから障害が発生したことを認識した場合は、経路切替が必要な旨の警報情報も監視情報として伝える。

【0079】ステップS6：それぞれの監視情報制御部228、728は制御チャネル214を用いて監視情報を光信号送信端局602側の監視情報制御部610に伝える。

【0080】ステップS71：光信号送信端局602の監視情報制御部610は、光信号受信端局216や光増幅中継系506の監視情報制御部228、728から送られてくる監視情報を障害区間同定部612に伝える。

【0081】ステップS72：光信号送信端局602の障害区間同定部612は各光増幅中継系506や光信号受信端局216から送られてくる監視情報から、どの区間で信号劣化が生じたかを認識する。

【0082】なお、この場合も本発明の第1の実施形態と同様に経路切替を同時に行うこともできる。その場合は、

ステップS73：光信号送信端局602の監視情報制御部610は、各光増幅中継系506や光信号受信端局216から送られてくる監視情報に基づいて必要に応じて経路切替を行う旨を経路切替部606に伝える。

【0083】ステップS8：経路切替部606は監視情報制御部610の指示に従って伝送路212の経路切替を行う。

【0084】図13、図14の信号対雑音比係数測定部222、722には参考文献[1]の光信号品質モニタなどを用いることができる。光信号品質モニタを利用した信号対雑音比係数部の構成や測定アルゴリズムなどは本発明の第1の実施形態で図4～図9を用いて示しておりである。

【0085】また、本発明の第2の実施形態のように、光増幅中継系506にアナログ監視を用いる場合、分散補償のされていない光信号を監視することになるため、波長分散による波形歪みが大きい場合の雑音劣化を監視する可能性があるが、図11のデータ例に示すように、

この場合にも光信号品質モニタによる信号対雑音比係数は十分利用できることがわかる。よって、光信号品質モニタによる信号対雑音比係数は障害区間の同定にも利用できる。

【0086】(第3の実施形態)次に、図16～図19に、本発明の第3の実施形態として、光信号品質モニタを行う信号対雑音比係数測定部222、722における信号対雑音比係数測定のアロリズムの他の例を示す。

【0087】図16の(A)：まず、図5のような構成を用いた光サンプリングオシロスコープ414による光サンプリング、または図4のような構成を用いた電気サンプリングオシロスコープ404による電気サンプリングにより、ある平均時間内の強度分布を求める。

【0088】図16の(B)：得られた強度分布から振幅ヒストグラムを求める。

【0089】図17の(A)：振幅ヒストグラムのうち強度レベルの大きい方から調べたときの最初の極大値を

$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0)$$

で求まるQ値を信号対雑音係数として光信号品質評価パラメータとする。

【0095】上記の分布関数 g_0 、 g_1 としては、カイ二乗分布を仮定することもできる(参考文献[3]：D. Marcuse, "Derivation of Analytical Expressions for the Bit-Error Probability in Lightwave Systems with Optical Amplifiers," IEEE J. Lightwave Technol., Vol. 8, No. 12, pp1816-1823, 1990)。

【0096】(第4の実施形態)図20～図23に、本発明の第4の実施形態として、光信号品質モニタを行う信号対雑音比係数測定部222、722における信号対雑音比係数測定のアロリズムの更に他の例を示す。本実施形態はアロリズムにおいて、しきい値A、Bを求める部分が上述の本発明の第3の実施の形態と異なる。

【0097】図20の(A)：まず、図5のような構成

$$N(\text{middle}) = N(\text{total}) \times D \times M \quad \dots (7)$$

(但し、 $N(\text{total})$ は全サンプリング点数、 D は光信号のデューティ比(パルス幅とタイムスロットの比)、 M はマーク率(デジタル伝送におけるレベル1の発生確率)で求まるサンプリング点数 $N(\text{middle})$ と積分値が等しくなったときの、積分したサンプリング点の最小

$$\text{しきい値 } A = 2 \times [m(\text{middle}) - \text{しきい値 } B] \quad \dots (8)$$

でしきい値Aを求める。

【0104】図22の(B)：振幅ヒストグラムのうち、強度レベルがしきい値A以上の部分を正規分布 g_1 の一部と仮定し、強度レベルがしきい値B以下の部分を正規分布 g_0 の一部と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングして、レベル1、レベル0の平均値 m_1 、 m_0 と標準偏差 s_1 、 s_0 を求める。

$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0) \quad \dots (9)$$

で求まるQ値を信号対雑音係数として光信号品質評価パラメータとする。

【0107】上記分布関数 g_0 、 g_1 としては、カイ二

しきい値Aと定める。

【0090】図17の(B)：振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値をしきい値Bと定める。

【0091】図18の(A)：振幅ヒストグラムのうち、強度レベルがしきい値A以上の部分を正規分布 g_1 と仮定し、最小二乗法などによりフィッティング(近似)して、レベル1の平均値 m_1 と標準偏差 s_1 を求める。

【0092】図18の(B)：図18の(A)と同様に、振幅ヒストグラムのうち、強度レベルがしきい値B以下の部分を正規分布 g_0 と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングして、レベル0の平均値 m_0 と標準偏差 s_0 を求める。

【0093】図19：図18の(A)と図18の(B)で求めた平均値 m_1 、 m_0 と標準偏差 s_1 、 s_0 から

【0094】

$$\text{【数6】} \quad \dots (6)$$

を用いた光サンプリングオシロスコープ414による光サンプリング、または図4のような構成を用いた電気サンプリングオシロスコープ404による電気サンプリングにより、ある平均時間内の強度分布を求める。

【0098】図20の(B)：得られた強度分布から振幅ヒストグラムを求める。

【0099】図21の(A)：振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値をしきい値Bと定める。

【0100】図21の(B)：強度レベル最大のサンプリング点から強度レベルが小さい方に向かってサンプリング点数を積分して、

【0101】

【数7】

レベルを $m(\text{middle})$ とする。

【0102】図22の(A)：

【0103】

【数8】

0と標準偏差 s_1 、 s_0 を求める。

【0105】図23：図22の(B)で求めた平均値 m_1 、 m_0 と標準偏差 s_1 、 s_0 から

【0106】

【数9】

乗分布を仮定することもできる(参考文献[3])。

【0108】前述した本発明の第3の実施形態は、最も簡単な方法であるという利点があるが、適用の範囲がN

RZ信号に限られる。これに対し、本第4の実施形態は、第3の実施形態よりも複雑であるが、NRZ信号だけでなく、RZ信号にも適用できるという利点がある。但し、上式(7)に示すように、信号パルスのデューティ比Dとマーク率Mを予め知っておく必要がある。

【0109】(第5の実施形態)図24～図27に、本発明の第5の実施形態として、光信号品質モニタを行う信号対雑音比係数測定部222、722における信号対雑音比係数測定アルゴリズムの更に他の例を示す。本実施形態はアルゴリズムにおいて、しきい値A、Bを求める部分が上述の本発明の第3の実施形態および第4の実施形態と異なる。

【0110】図24の(A)：まず、図5のような構成を用いた光サンプリングオシロスコープ414による光サンプリング、または図4のような構成を用いた電気サンプリングオシロスコープ404による電気サンプリングにより、ある平均時間内の強度分布を求める。

【0111】図24の(B)：得られた強度分布から振幅ヒストグラムを求める。

【0112】図25の(A)：振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値を

$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0) \quad \dots (10)$$

で求まるQ値を信号対雑音係数として光信号品質評価パラメータとする。

【0118】上記分布関数 g_0 、 g_1 としては、カイ二乗分布を仮定することもできる(参考文献[3])。

【0119】本第5の実施形態は、前述の第4の実施形態よりも複雑であるが、RZ信号にも適用でき、しかも信号パルスのデューティ比とマーク率を予め知っておく必要がないという利点がある。

【0120】(他の実施形態)なお、本発明の目的は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU)が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し、実行することによっても、達成されることは言うまでもない。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。そのプログラムコードを記憶し、またテーブル等の変数データを記憶する記憶媒体としては、例えばフロッピディスク、ハードディスクなどを用いることができる。

【0121】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、SONET/SDHフレームやATMセルやIPパケットなどの多様な変調形式・フォーマット・ビットレートの電気信号を適当なキャリア波長の光信号に変換することにより収容した光レイヤを含む光ネットワークにおい

しきい値Bと定める。

【0113】図25の(B)：振幅ヒストグラムのうち、強度レベルがしきい値B以下の部分を正規分布 g_0 の一部と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングして、レベル0の平均値 m_0 と標準偏差 s_0 をそれぞれ求める。

【0114】図26の(A)：振幅ヒストグラム全体から図25の(B)で求めた関数 g_0 を差し引いた分布 g_1x を求め、分布 g_1x のうちで強度レベルの大きい方から調べたときの最初の最大値をしきい値Aと定める。 g_1x は、レベル1の分布関数 g_1 とクロスポイントの分布関数 g_x を重ね合わせとえられる。

【0115】図26の(B)：分布 g_1x のうちで強度レベルがしきい値A以上の部分を正規分布 g_1 の一部と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングして、レベル1の平均値 m_1 と標準偏差 s_1 をそれぞれ求める。

【0116】図27：図26の(B)と図25の(B)で求めた平均値 m_1 、 m_0 と標準偏差 s_1 、 s_0 から

【0117】

【数10】

て、信号の変調方式や信号フォーマットや信号ビットレートに依存しないような障害・品質監視を可能とする。さらに、本発明によれば、光レイヤにおける障害区間の同定、経路切替を経済的に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の光ネットワークの構成を示すブロック図で、(A)は予備回線を備えるリング構成の光ネットワークであり、(B)はメッシュ構成の光ネットワークである。

【図2】本発明の第1の実施形態における光送受信端局104内の構成例を示すブロック図である。

【図3】本発明の第1の実施形態の光信号監視システムにおける経路制御の動作手順を示すフローチャートである。

【図4】本発明の各実施形態において、電気サンプリングオシロスコープを用いる場合の信号対雑音比係数測定部の構成例を示すブロック図である。

【図5】本発明の各実施形態において、光サンプリングオシロスコープを用いる場合の信号対雑音比係数測定部の構成例を示すブロック図である。

【図6】本発明の第1の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムの最初の段階を示す概念図である。

【図7】図6に続く本発明の第1の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図8】図7に続く本発明の第1の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図9】図8に続く本発明の第1の実施形態における信

号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図10】図6～図9に示すような手順で得られた信号対雑音比係数の実験データ例を示すグラフで、横軸が測定したビット誤り率から換算したQ値であり、縦軸が図6～図9のアルゴリズムで求めた信号対雑音比係数である。

【図11】波長分散の影響がある場合の実験データ例を示すグラフで、横軸が測定したビット誤り率から換算したQ値であり、縦軸が図6～図9のアルゴリズムで求めた信号対雑音比係数である。

【図12】本発明の第2の実施形態の光ネットワークの構成を示すブロック図で、(A)は予備回線を備えるリング構成の光ネットワークであり、(B)はメッシュ構成の光ネットワークである。

【図13】本発明の第2の実施形態における送受信端局の内部構成を示すブロック図である。

【図14】図13の光増幅中継系の内部構成を示すブロック図である。

【図15】本発明の第2の実施形態の光信号監視システムにおける障害区間同定と経路制御の動作手順を示すフローチャートである。

【図16】本発明の第3の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムの最初の段階を示す概念図である。

【図17】図16に続く本発明の第3の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図18】図17に続く本発明の第3の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図19】図18に続く本発明の第3の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図20】本発明の第4の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムの最初の段階を示す概念図である。

【図21】図20に続く本発明の第4の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図22】図21に続く本発明の第4の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図23】図22に続く本発明の第4の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

る。

【図24】本発明の第5の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムの最初の段階を示す概念図である。

【図25】図24に続く本発明の第5の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

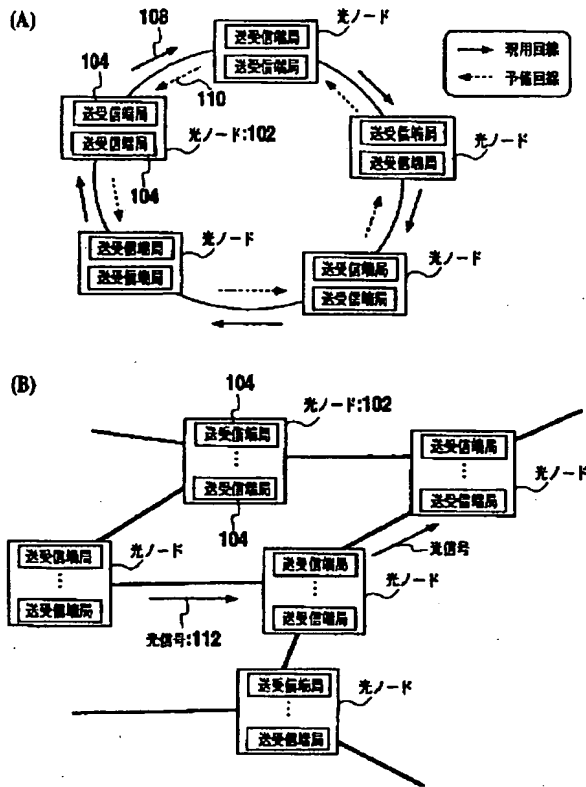
【図26】図25に続く本発明の第5の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図27】図26に続く本発明の第5の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

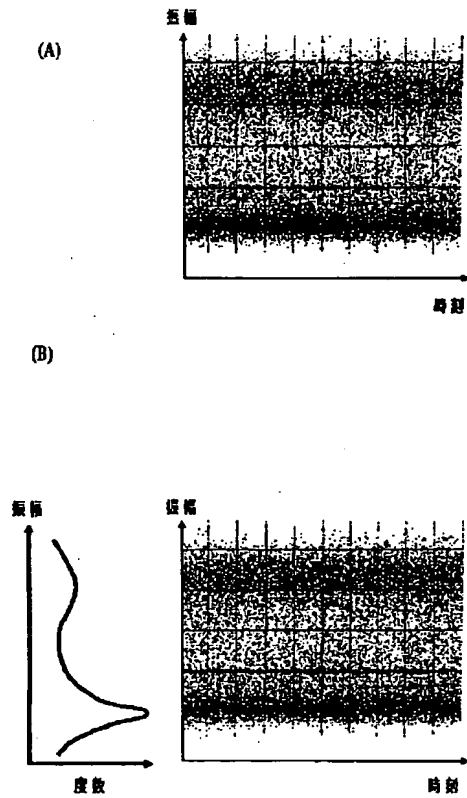
【符号の説明】

102、502	光ノード
104、504	光信号送受信端局
108、508	現用回線
110、510	予備回線
112、512	光信号
202、602	光信号送信端局
204、604	光送信器
206、606	経路切替部
208、608	スイッチ
210、610	監視情報制御部
212	伝送路
214	制御チャネル
216	光信号受信端局
218、718	光分岐器
220、720	光信号監視部
222、722	信号対雑音比係数測定部
224、724	初期状態記憶部
226、726	光信号品質評価部
228、728	監視情報制御部
230	光受信器
402	光電変換部
404	電気サンプリングオシロスコープ
406、416	信号処理部
408、418	ヒストグラム評価部
410、420	信号対雑音比係数評価部
414	光サンプリングオシロスコープ
506	光増幅中継系
612	障害区間同定部
716	光増幅器

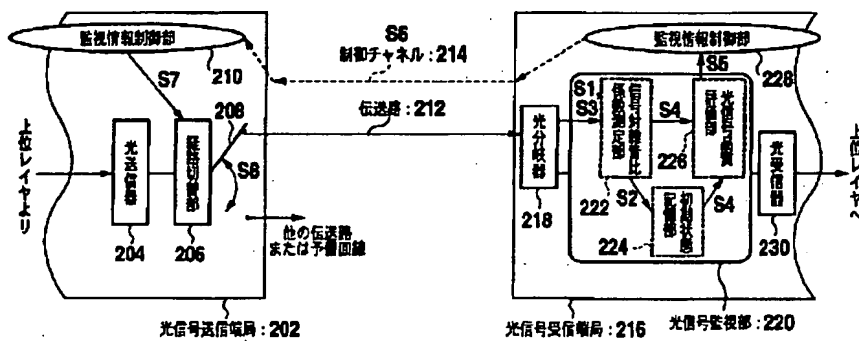
【図1】



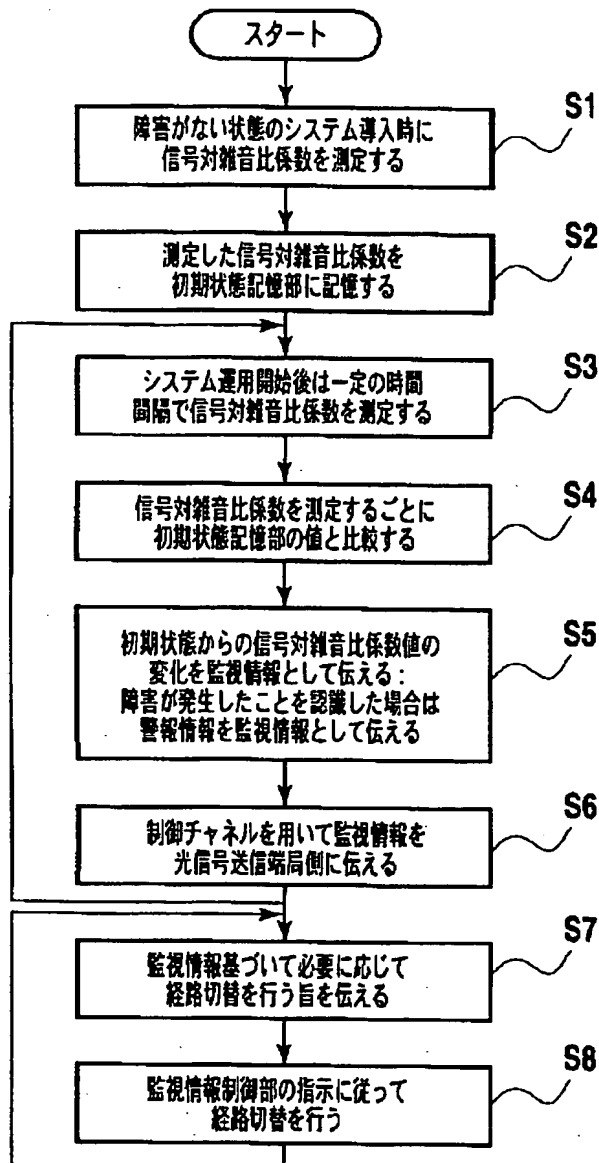
【図6】



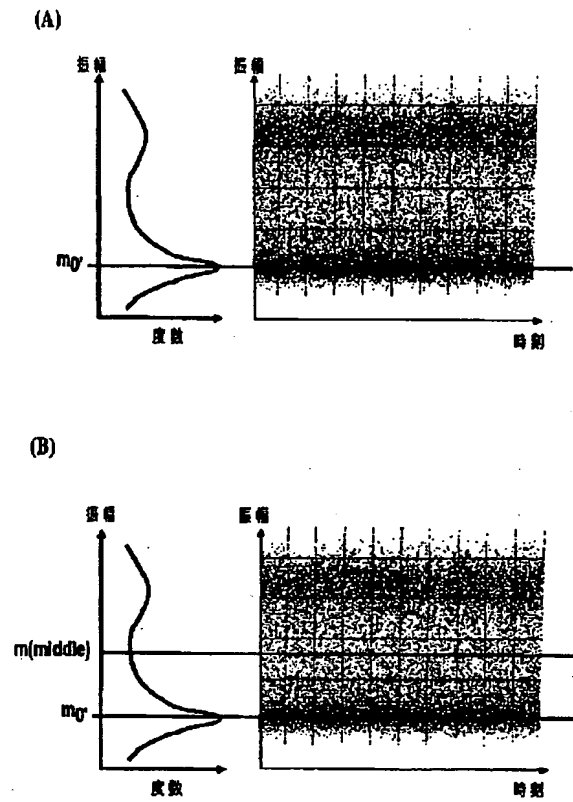
【図2】



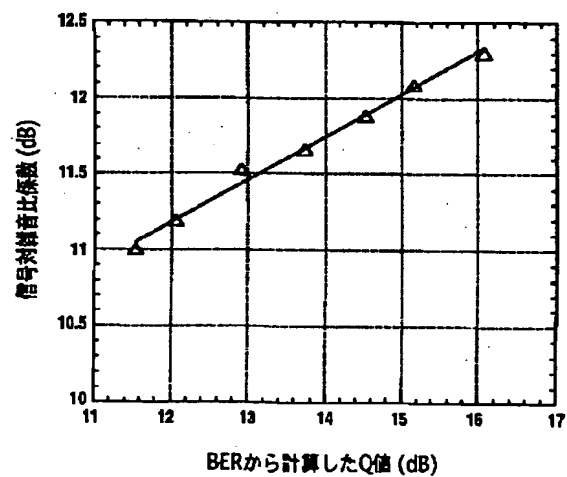
【図3】



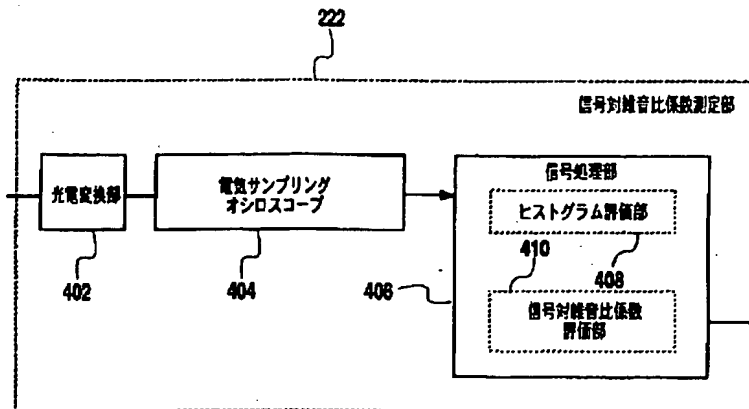
【図7】



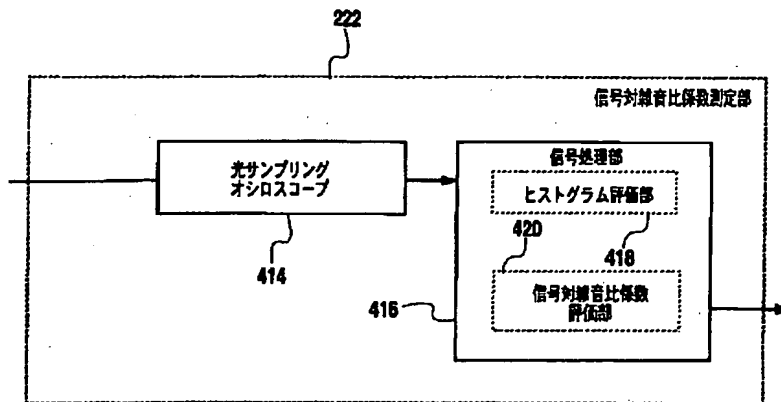
【図10】



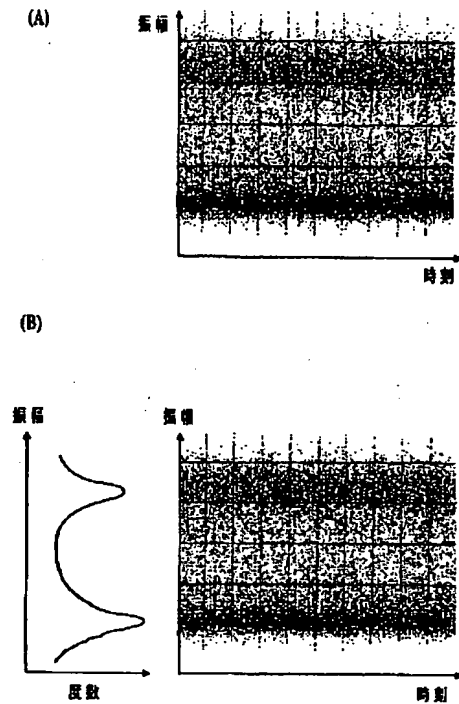
【図4】



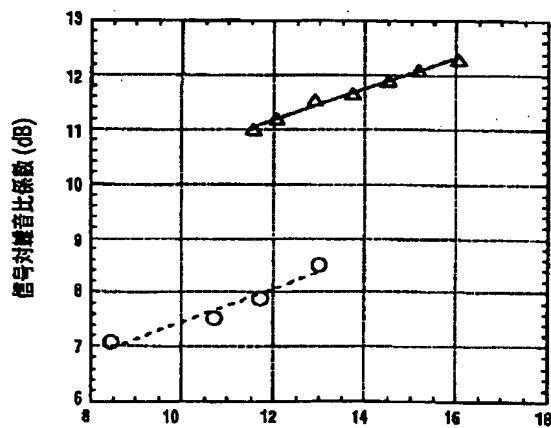
【図5】



【図16】

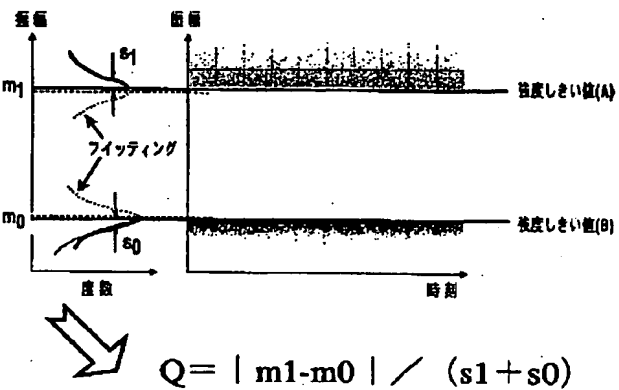


【図11】

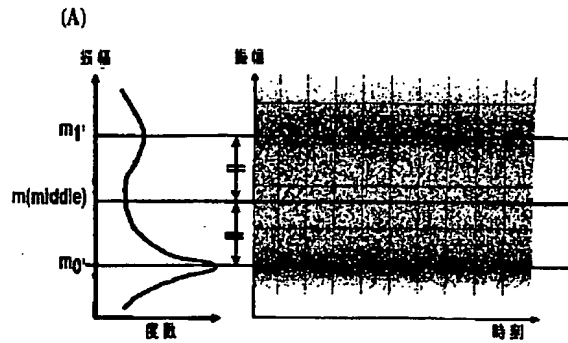


BERから計算したQ値 (dB)

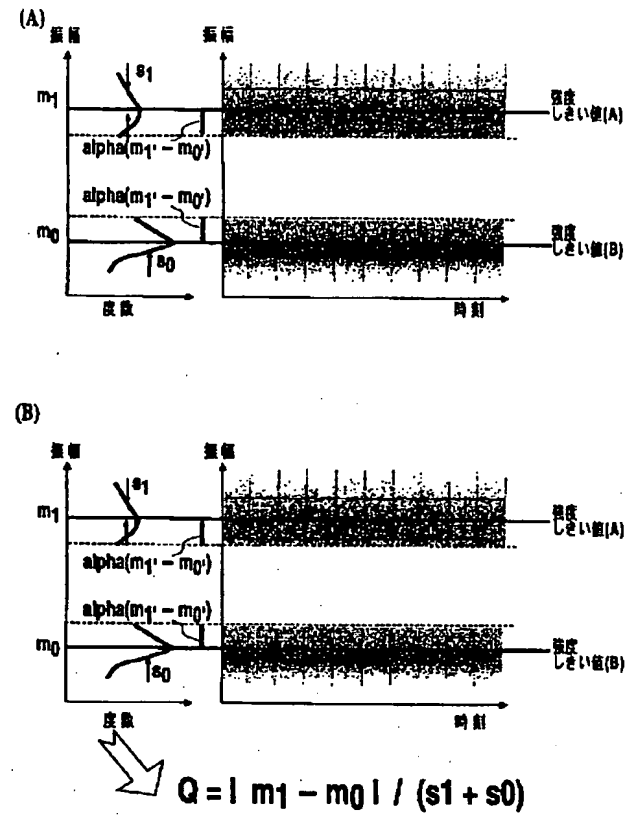
【図19】



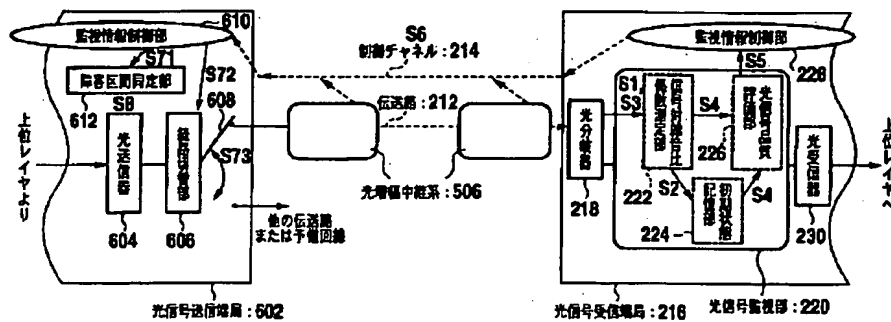
【図8】



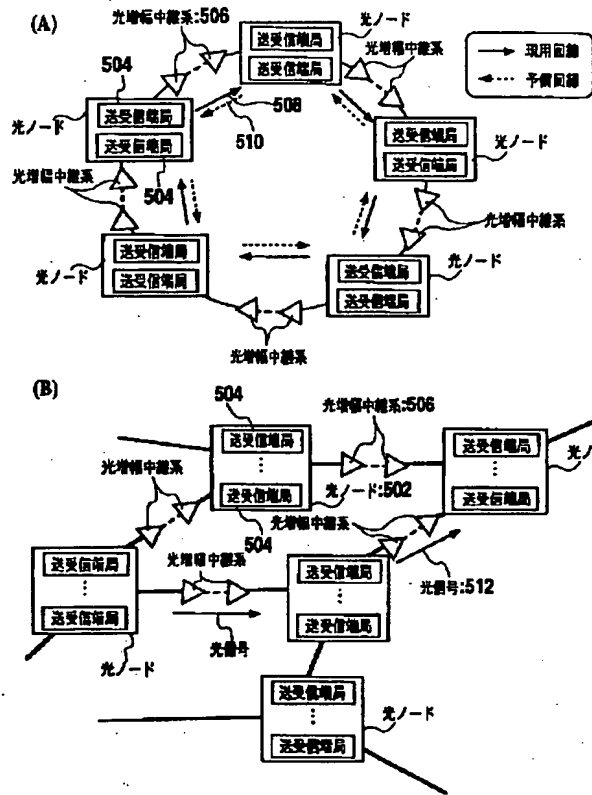
【図9】



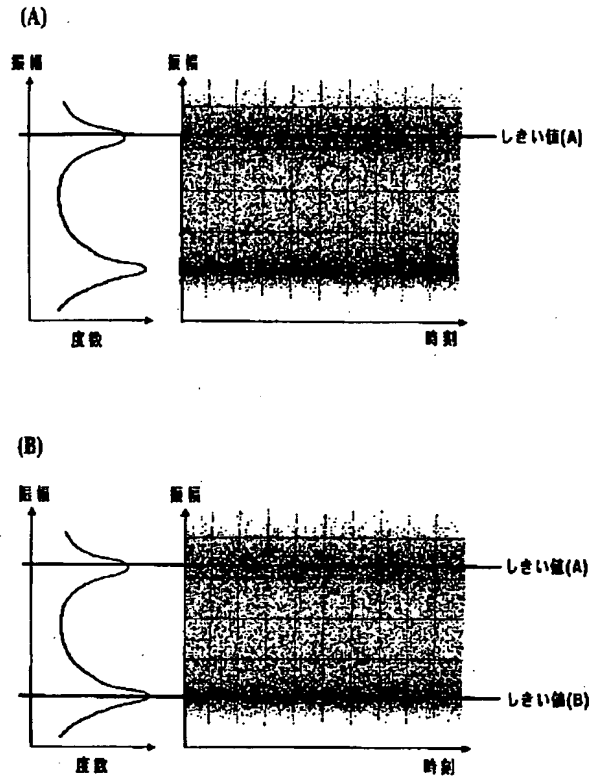
【図13】



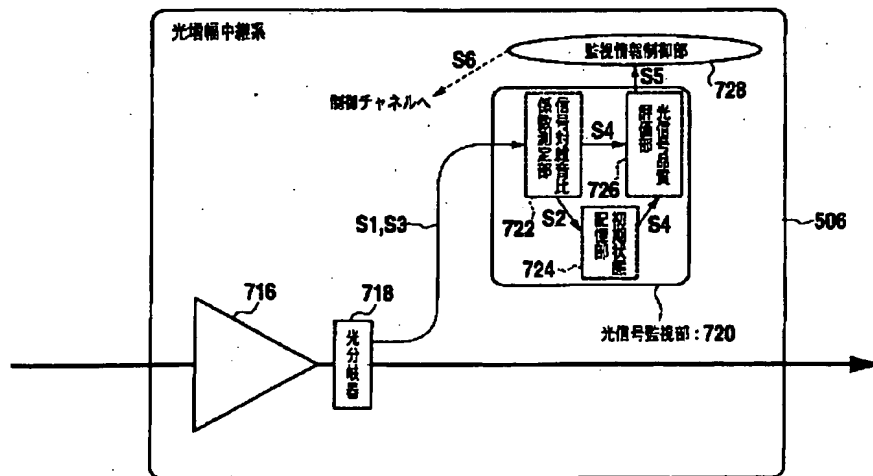
【図12】



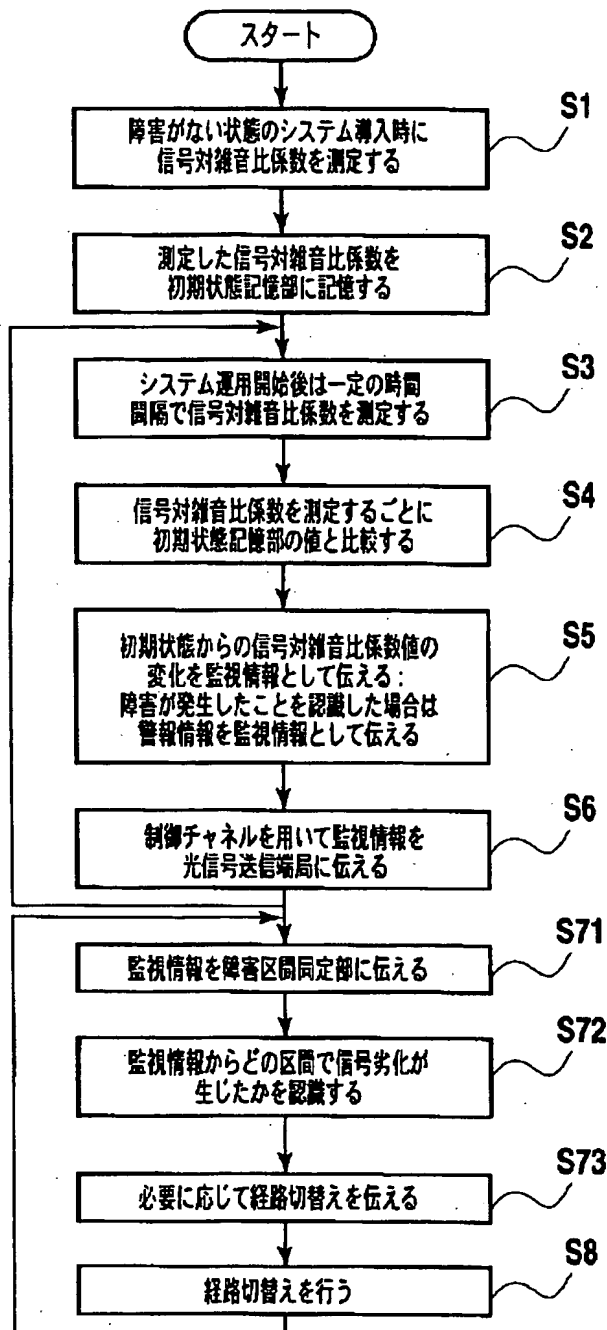
【図17】



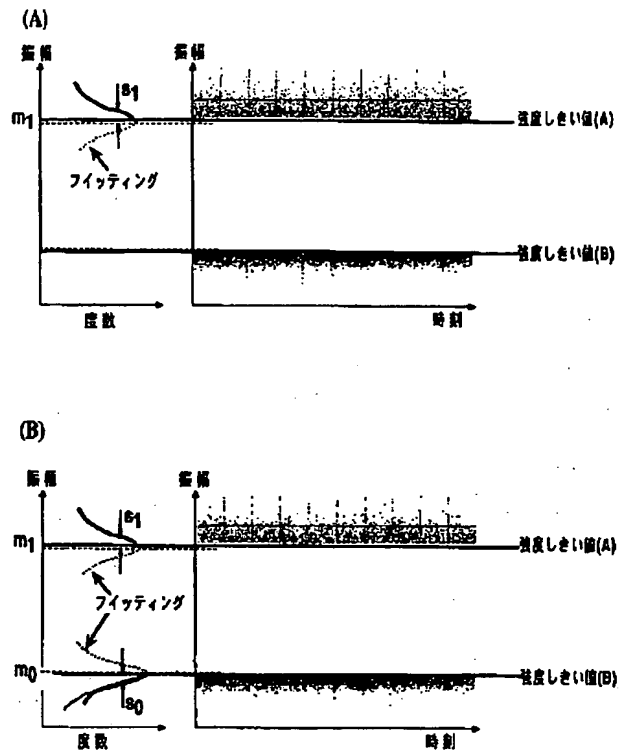
【図14】



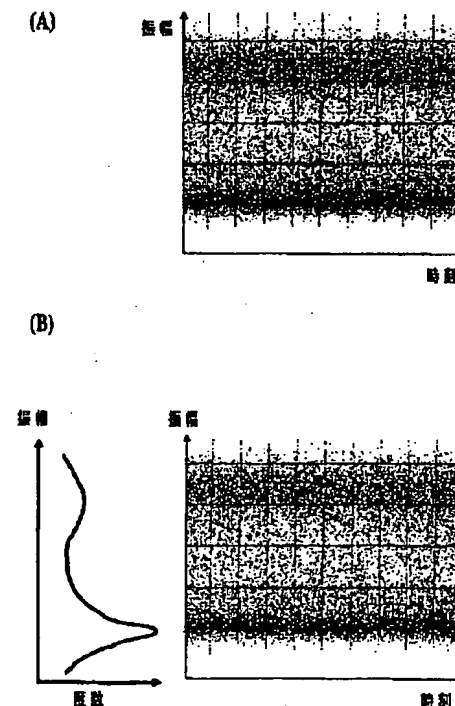
【図15】



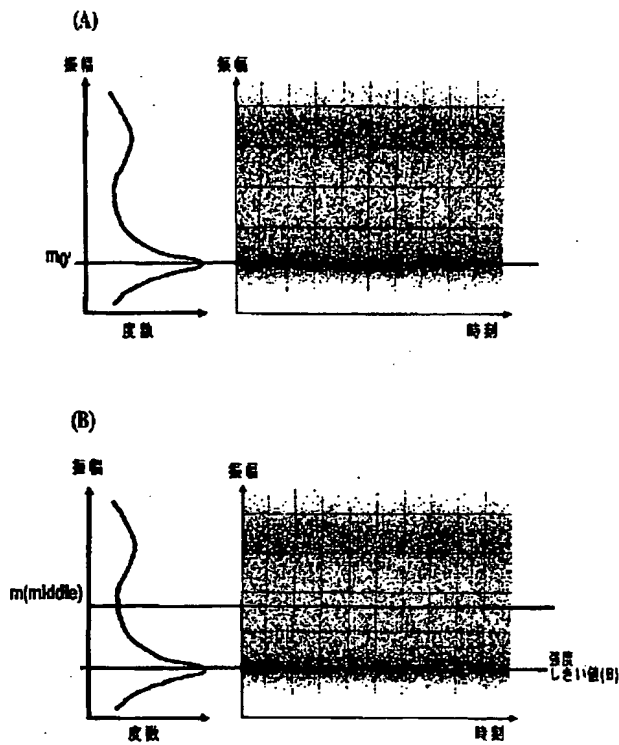
【図18】



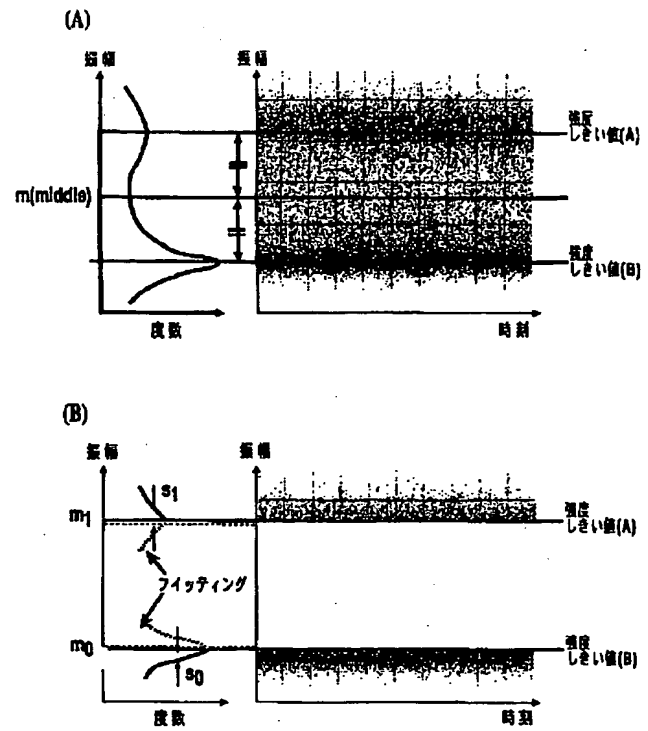
【図20】



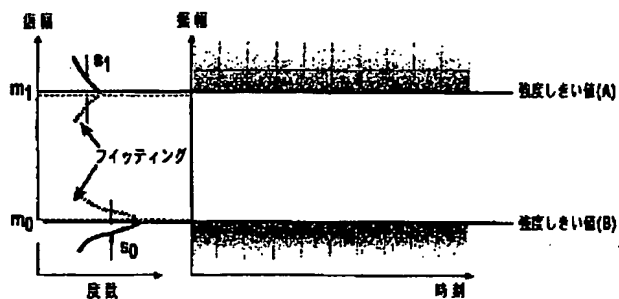
【図21】



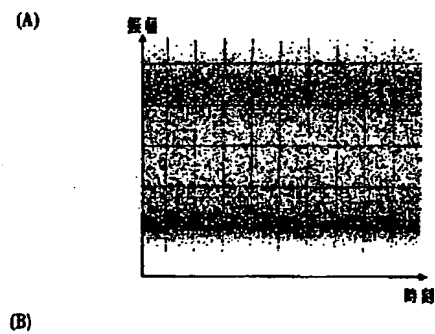
【図22】



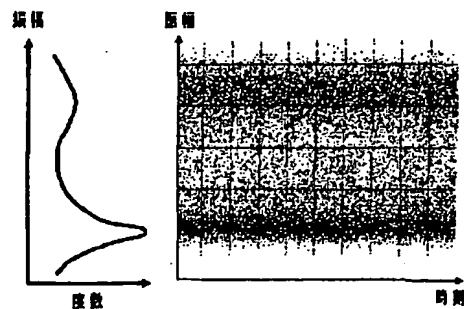
【図23】



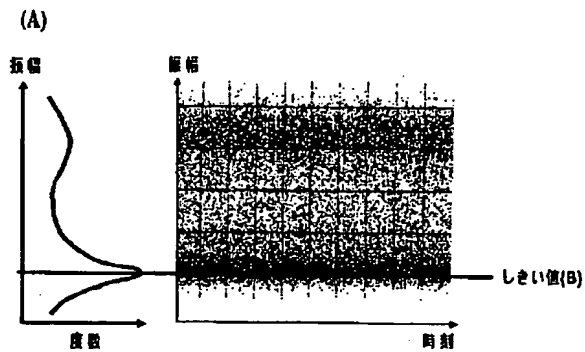
【図24】



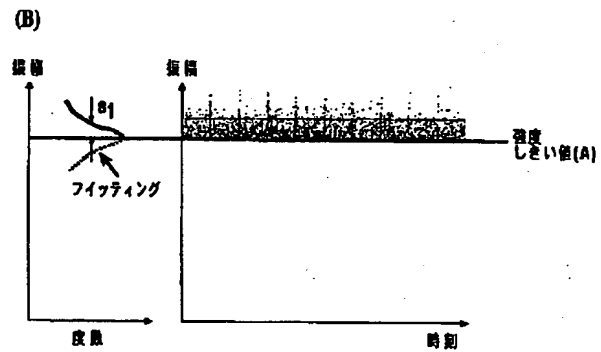
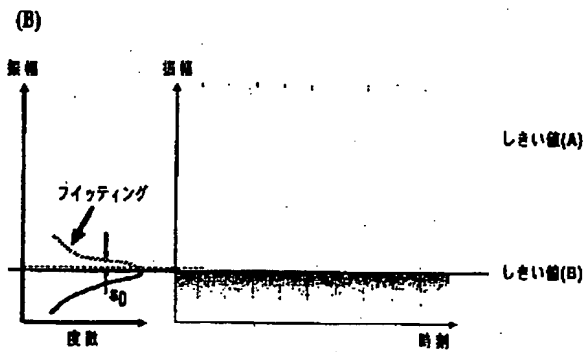
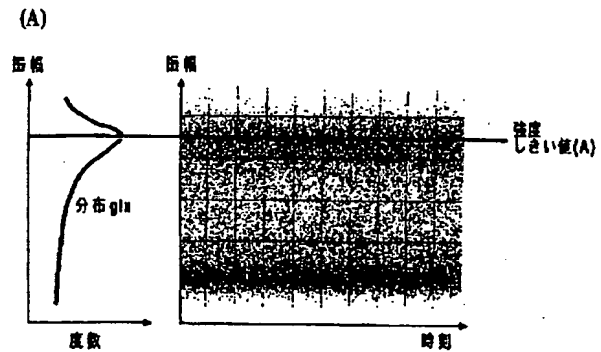
$$Q = |m1 - m0| / (s1 + s0)$$



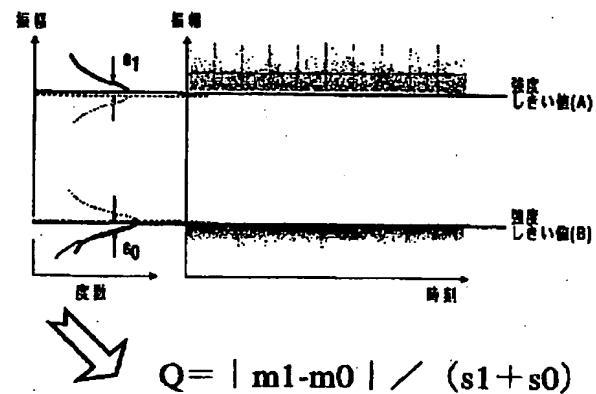
【図25】



【図26】



【図27】



フロントページの続き

(72)発明者 内山 健太郎
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 山林 由明
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2G086 CC04 KK01
5K002 AA01 AA03 BA04 CA13 DA05
DA11 EA05 EA31 EA33 FA01